



**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

TITULO DEL PROYECTO:
**INGENIERÍA ESTRUCTURAL PARA UNO DE LOS PROYECTOS DE
DESARROLLO ARQUITECTÓNICO ASOCIADO CON LA ESTACIÓN DEL
METRO DE LA CALLE 63 CON CARACAS**

PRESENTADO POR:
NOMBRE: CARLOS EDUARDO SERRANO VARGAS CÓDIGO: 504066
NOMBRE: GELVER CAMILO MORENO CASTRO CÓDIGO: 503849

DOCENTE ASESOR:
NOMBRE: ING. SAID STEWARD RODRIGUEZ LOAIZA

BOGOTÁ, D. C, 31 DE OCTUBRE DE 2018

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
 LISTA DE TABLAS	4
INTRODUCCION	7
1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.	8
2. ANTECEDENTES	10
3. MARCO DE REFERENCIA	11
4. MARCO TEÓRICO.	11
4.1 NSR-10 _____	11
5. MARCO LEGAL	15
6. ALCANCES Y LIMITACIONES.	17
7. OBJETIVOS	19
8. METODOLOGIA	20
8.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO SEGÚN NSR-10: _____	20
8.1.1 Estudios Geotécnicos. _____	20
8.1.2 Diseño arquitectónico. _____	21
8.1.3 Diseño Estructural. _____	21
8.1.4 Diseño sísmico de los elementos no estructurales. _____	31
8.1.5 Revisión de los diseños _____	32
9. ENFASIS DE LA PRACTICA PROFESIONAL	33
10. CRONOGRAMA DE TRABAJO	35
11. BIBLIOGRAFIA	39
12. ANEXOS	41



La presente obra está bajo una licencia:

Atribución 2.5 Colombia (CC BY 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/co/>

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

hacer un uso comercial de esta obra



Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciente (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronograma de actividades	35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Perfil del suelo	25
Figura 2. Zonas amenaza sísmica para aceleración pico efectiva.	25
Figura 3. Zonas amenaza sísmica para velocidad pico efectiva.	25
Figura 4. Espectro Elástico de aceleraciones	28

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Valores aceleración pico efectiva y velocidad pico efectiva, según la región del país.	22
Ilustración 2. Nivel de amenaza sísmica.	23
Ilustración 3. Espectro de aceleración 1.	24
Ilustración 4. Espectro de aceleración 2.	24

INTRODUCCION

Como parte del proceso de formación como profesional en Ingeniería Civil, la práctica empresarial permite al estudiante evaluar sus conocimientos adquiridos tanto individualmente como los conocimientos que adquirió en el transcurso de los semestres cursados.

El ejercicio profesional permite al estudiante desarrollar habilidades y destrezas que serán de gran ayuda para su vida profesional y dará bases sólidas para desempeñarse exitosamente en las labores diarias de un Ingeniero Civil, siendo un puente desde el ambiente académico hasta el campo laboral.

En concordancia con lo anterior, este documento demostrara lo aprendido a través de la práctica empresarial realizada por los aspirantes a Ingenieros Civiles, Carlos Eduardo Serrano Vargas y Camilo Moreno Castro.

En el presente documento se evidencia el trabajo propuesto, donde se dará el diseño estructural de una edificación teniendo en cuenta todo lo necesario para que dicho diseño cumpla con la norma NSR 10. Así mismo también evidenciara el trabajo realizado a lo largo de la práctica empresarial por los estudiantes dado que se deben tener en cuenta distintos campos de la Ingeniería Civil.

1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.

La ciudad de Bogotá D.C. tiene una población superior a los nueve millones de habitantes, la cual sigue en aumento debido a los desplazamientos de personas producidos desde las periferias hacia el centro del país en busca de mejores oportunidades dicho fenómeno se ha generado como consecuencia del conflicto armado, la falta de oportunidades laborales en otros sectores del país e inclusive la llegada masiva de extranjeros provenientes de sectores como Venezuela país vecino, terminando así en una concentración masiva de personas a la capital del país. Dicha población creciente requerirá de movilizarse de manera eficiente, rápida y cómoda. Sin embargo, dada la poca planeación de la ciudad generada históricamente por la falta de seguimiento de proyectos ya propuestos o que se quedan en el papel así como la deficiente metodología utilizada en el proceso de contratación donde se generan una serie de confusiones entre contratantes, contratistas y demás intervinientes ha generado que este sea uno de los aspectos que no ha podido satisfacerse, y por tanto con el fin de lograr reducir la carencia del transporte masivo en Bogotá se ha planteado como propuesta la implementación del metro de la ciudad que de por sí ya se está quedando retrasado con respecto al crecimiento poblacional en Bogotá pero que pues de la mano con proyectos de transporte ya constituidos como el sistema integral de transporte público (SITP) ayuden a controlar en gran medida la urgencia de transporte ya que no se plantea como solución final a este problema.

A lo largo de la historia se han planteado soluciones tales como el metro, no obstante, debido a situaciones políticas como lo son la tergiversación de los dineros hacia otros sectores y múltiples pérdidas de los dineros públicos generadas por entes corruptos, económicas como la falta del dinero para la ejecución del proyecto, técnicas como el hecho de que lo que se planea para una época ya no sirve para el momento actual generando así re procesos innecesarios, entre otras, han pasado más de 50 años sin que se haga realidad. En la primera década de este milenio se busca mitigar el problema de movilidad, proponiendo un sistema BRT (Bus Rapid

Transit), el cual inicialmente parecía suplir las necesidades de la población. Sin embargo, dado el rápido crecimiento poblacional no planeado de la ciudad, con un aumento significativo de los habitantes en las periferias, este servicio presenta falencias tales como poca cobertura, demoras en los servicios, hacinamiento dentro de los buses y estaciones, sobrepaso de la capacidad de la infraestructura, sin contar con los elevados cobros a los ciudadanos por este servicio.

Es evidente entonces la necesidad de un sistema de transporte masivo que cuente con la capacidad necesaria para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Es por este motivo que, desde la Alcaldía Mayor de Bogotá, el actual alcalde de la ciudad Enrique Peñaloza propone implementar un sistema de metro elevado que cuente con la infraestructura necesaria para proveer un buen servicio, idea que ha tenido gran acogida puesto que en comparación de un metro subterráneo generaría un menor costo y al mismo tiempo una menor ocupación del espacio público de la ciudad.

Como soporte a lo anterior se propone realizar el diseño estructural de la torre más alta, para el esquema arquitectónico propuesto por el estudiante de la facultad de arquitectura de la Universidad Católica de Colombia, JUAN MANUEL CONTRERAS SALAS, se escoge esta estructura debido a su nivel de complejidad ya que por ser la estructura que tiene mayor cantidad de pisos y ser la más representativa del proyecto por su utilidad y su importancia y que de ser aprobada servirá como punto de partida en la implementación de las estructuras que harán parte de dicha renovación arquitectónica para el uso de comercio y oficinas.

2. ANTECEDENTES

El proyecto surge a partir de la deficiente movilidad existente en la actualidad en la ciudad de Bogotá, a partir de esto se ha propuesto el metro, el cual busca mejorar la movilidad y suplir los sistemas de transporte que no han contribuido de manera positiva con la movilidad.

De esta iniciativa propuesta surge el proyecto de integración para el desarrollo de la estación asociada al metro de Bogotá, propuesto por los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil.

En la actualidad la Universidad Católica de Colombia no ha propuesto un proyecto el cual integre tanto el programa de ingeniería civil como el de arquitectura, debido a esto se hace necesario el fortalecimiento de los diseños propuestos por el programa de arquitectura enfocado a las buenas prácticas de construcción de obras civiles.

Para el desarrollo de este proyecto se tomará como base los planos propuestos por los estudiantes de arquitectura los cuales no cuentan con un estudio detallado de sostenibilidad estructural ni los soportes necesarios que justifiquen la validez de dichos diseños, los cuales darán los alcances para desarrollo de este proyecto.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO.

3.1.1 NSR-10

Se trata de la segunda actualización del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente que fue expedida por el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. La primera reglamentación fue expedida por medio de un decreto en junio de 1984, la primera actualización es el NSR-98 el cual fue expedido por el Decreto 33 del 9 de enero de 1998. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

La NSR-10 presenta los requisitos mínimos los cuales tratan de garantizar y salvaguardar las vidas de los seres humanos en caso de que ocurra un evento sísmico de una magnitud significativa. (NSR-10, 2010), no obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de las normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad de las normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida, ningún reglamento de sismo resistencia, en el contexto mundial, explicita mente exige la verificación de la protección de la propiedad, aunque desde algunos años existen tendencias en esa dirección en algunos países. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

A partir de esto nace la ley 400 de 1997 donde de todas las formas de acuerdo social, la ley constituye el mecanismo más equilibrado para regular las relaciones de los asociados. A través de ella el estado debe procurar evitar las nefastas consecuencias de tragedias y desastres de la magnitud de las recientemente observadas o las inolvidables escenas del pasado, en materia de pérdidas humanas. Ello debe constituir un propósito nacional, gremial y estatal tendiente a proteger a todas las personas residentes en Colombia. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El establecimiento legislativo de las condiciones de seguridad permite por una parte determinar las mínimas reglas a las cuales deben someterse las personas encargadas de llevar a cabo la construcción de inmuebles y por otra permite al estado ejercer la función señalada en el artículo 2 de la Constitución Nacional por medio del cual se impone a las autoridades de la república propender por la protección de todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra y bienes. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Por lo anterior dicho, resulta evidente que la doble función y la cooperación sector privado-Estado en la lucha contra las consecuencias lamentables de los desastres naturales se hace imperiosa y de allí la importancia de la presente actualización de la reglamentación de sismo resistencia nacional. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Se realizara el uso de la normativa NSR-10 y la Ley 400 de 1997 debido a que es la reglamentación utilizada en la actualidad, y es donde se fundamentan los principales parámetros de construcción de las edificaciones para Colombia, de acuerdo con esto el diseño estructural de la torre destinada a un uso como oficinas y comercio se sujetara a los métodos dictaminados en dicha norma, por lo tanto es

necesario que todos los cálculos y modificaciones a realizar en el diseño arquitectónicos estén sujetos a dicha norma. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Sistemas Estructurales

Conjunto de elementos que se encargan de resistir cargas vivas y el peso propio de la estructura denominado como cargas muertas, su dimensionamiento tiene una forma de condiciones propias y además cumplen con estados límites en tensión y rotura. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Sistema A porticado

Los principales elementos estructurales en un Sistema A porticado son las vigas y las columnas que se conectan entre sí por medio de nudos, este sistema es resistente en las dos direcciones principales en planta. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Concreto Estructural

Concreto de alta resistencia para uso estructural, derivado de la combinación en las cantidades adecuadas de agua, cemento hidráulico, agregado grueso, agregado fino, aire y en algunos casos aditivos que se deben agregar al concreto con el fin de mejorar sus distintas propiedades. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Método de Análisis Dinámico elástico.

Se debe utilizar este métodos para las edificaciones que no cumplan con parámetros mencionado en el numeral...A.3.4.2.1 de la NRS10... y que presenta algún tipo de irregularidad establecidas en el capítulo...A.3.2.4.3 NSR10DMO, (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Requisitos para materiales Estructurales.

Para cada sistema estructural dependiendo su grado de disipación se deben tener en cuenta las resistencias sísmicas de los elementos, combinaciones por efectos de carga, dirección de las fuerzas sísmicas, tipos de diafragmas y elementos que componen a la estructura. ...A.3.5 NSR10. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Modelos Matemáticos.

Determinan la respuesta dinámica de la estructura dependiendo de su diafragma masa centro de gravedad rigidez. Los modelos matemáticos están determinados por elementos rígidos flexibles, elementos limitados en un plano vertical...A.5.2 NSR10... (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Calculo de Derivas.

Los desplazamientos presentados en una estructura en dos puntos diferentes bajo un mismo eje vertical se conocen como deriva el cual se determina por las características de la edificación A.6 NSR10. La necesidad de controlar las derivas máximas en una edificación busca determinar la deformación de la edificación y cuan estable puede ser frente a un sismo... (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Masa de edificación

Sumatoria del peso propio de la edificación, peso de acabados y en algunos casos el peso de los equipos permanentes... (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

4. MARCO LEGAL

Colombia al ser un país que, por su extensión y localización geográfica, presenta una gran variedad de condiciones geológicas, topográficas y ambientales, por las cuales se encuentra expuesta a vareadas situaciones de riesgo tanto naturales como antrópicos cuyas manifestaciones son permanentes en todos los aspectos (sismos, inundaciones, avalanchas, deslizamiento de tierra, incendios, accidentes industriales, etc.)

Frente a estas situaciones de vulnerabilidad, el país ha dado una serie de normas, leyes y decretos que nos rigen al momento de hacer una construcción para la prevención y mitigación de desastres, en especial en el área de vulnerabilidad sísmica a raíz del sismo ocurrido en Popayán en el año 1983, nace el **decreto 1400 de 1984**, el cual da origen al código colombiano de construcciones sismo resistentes.

Al darse cuenta que dicho decreto y norma sismo resistente demostró ser insuficiente, se empezó a trabajar en la expedición de una nueva norma sismo resistente, la cual se dio como resultado la **ley 400 de 1997**, la cual establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones, así como aquellas construcciones indispensables para la recuperación de la comunidad en caso de un evento sísmico.

La Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR 98)- Decreto 33 de 1998, trata de un manual técnico que desarrolla una serie de títulos generales y específicos que en su contenido dan a conocer los requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, algunos de estos títulos son tomados de versiones anteriores de la del decreto 1400 de 1984. Esta nueva norma abarca temas como cargas, concreto estructural, casas de uno y dos pisos, estructuras metálicas, estudios Geotécnicos, supervisión técnica entre otros requisitos complementarios.

La norma (NSR 98), da las pautas iniciales para que, en el año 2010, se de origen a la norma que actualmente rige al territorio nacional, dicha norma es la Norma

Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), este es el actual reglamento encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la estructura mitigue la energía producida por un sismo y su respuesta estructural sea favorable.

5. ALCANCES Y LIMITACIONES.

Este proyecto se desarrollará, durante el primer período académico y segundo periodo académico del año 2018 Universidad Católica de Colombia.

Nuestro alcance como estudiantes y futuros ingenieros civiles de la Universidad Católica de Colombia es desarrollar el análisis y diseño estructural completo de un edificio de 11 pisos, utilizando herramientas como SAP 2000 que nos permite analizar el comportamiento de la estructura, AutoCAD que nos permitirá realizar el dibujo de planos y detalles, Excel entre otros. Este proyecto cuenta con 9 torres todas destinadas a un uso comercial y de oficinas, de acuerdo a su implementación puede ser destinado a ser implementado tanto en la calle 63 con avenida Caracas como en la calle 45 con avenida Caracas en la ciudad de Bogotá, de igual forma en cualquiera de los casos se realizará el cálculo de la estructura más representativa que además está representada por la edificación más alta de todo el proyecto arquitectónico. Conforme al planteamiento estructural conllevara a una estructura de concreto reforzado A porticado o en sistema combinado de acuerdo con el sistema estructural adecuado para esta construcción, además debe seguir la NSR-10.

Después de realizar el análisis y el diseño estructural se presentarán los resultados en forma de planos detallados, memorias de cálculo y un documento de trabajo de grado que incluirá la descripción del desarrollo de las actividades y procedimientos y lineamientos de diseño de conformidad con los criterios normativos y a su vez se incluirán las especificaciones de materiales, de diseños y memorias justificativas de análisis y diseño estructural de la edificación y de todos los elementos estructurales que la constituyen.

La limitación principal con la que cuenta nuestro proyecto es la parte constructiva ya que nosotros como estudiantes de la Universidad Católica de Colombia entregamos los planos y el diseño estructural, estos diseños se pueden tomar como

punto de partida dado el caso que se opte por la construcción de esta edificación, pero de igual forma deben ser revisados y aprobados por la entidad que se va a encargar de la ejecución del proyecto.

Es importante resaltar que no se cuenta con un estudio geotécnico del terreno donde se va a construir dicho edificio, esto nos muestra una limitación importante ya que, si no se tiene este estudio, no se tiene un punto de partida donde se conozca la capacidad portante del suelo, y a que de este estudio se puede partir para el diseño de una cimentación la cual permite que esta estructura sea viable y más importante que el suelo tenga la capacidad de soportar las cargas de la edificación.

6. OBJETIVOS

General

Desarrollar la propuesta para el proyecto de diseño estructural urbanístico asociado con la estación del metro de la calle 63 con Caracas con base en diseños arquitectónicos suministrados por los estudiantes de la facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Colombia

Específicos

Realizar el análisis sísmico y estructural de la edificación más representativa del proyecto arquitectónico compuesta por 11 pisos incluyendo la cubierta, conforme a la NSR-10.

Realizar el diseño estructural de la edificación propuesta., incluyendo los planos de diseño estructural

Elaborar planos de ingeniería estructural, memorias de cálculo para el diseño estructural de la edificación en cuestión y documento de trabajo de grado como base y evidencia física del proyecto.

7. METODOLOGIA

7.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO SEGÚN NSR-10:

El diseño y construcción de una edificación sometida a la norma de sismo resistencia NSR-10 debe ser llevada a cabo como se indica a continuación, las diferentes etapas de los estudios, construcción y supervisión técnica.

7.1.1 Estudios Geotécnicos.

Se debe realizar una exploración del subsuelo en el lugar en que se va a construir la edificación, complementada con una consideración de sus alrededores con el fin de detectar movimientos en el suelo que afecten la estructura a futuro, la exploración y los ensayos de laboratorio a realizar están preestablecidos en el Título H- Estudios Geotécnicos, para los cuales el ingeniero geotecnista debe realizar un informe en el cual se relacione la exploración y los resultados obtenidos en el laboratorio y donde se deben dar las recomendaciones que debe seguir el ingeniero estructural en el diseño de la cimentación y obras de contención, la definición de los efectos sísmicos locales, los procedimientos constructivos que debe emplear el constructor, y los aspectos especiales a ser tenidos en cuenta por el supervisor técnico. En el reporte se deben indicar los asentamientos esperados, su variabilidad en el tiempo y las medidas que deben tomarse para no afectar adversa mente las construcciones vecinas, dicho reporte debe ir firmado o rotulado por un ingeniero civil facultado para este fin de acuerdo con la ley 400 de 1997. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

7.1.2 Diseño arquitectónico.

El proyecto arquitectónico de la edificación debe cumplir la reglamentación urbana vigente, los requisitos especificados en el Título J y en el Título K y además debe indicar para efectos del reglamento, los usos de cada una de las partes de la edificación y su clasificación dentro de los grupos de uso definidos en el Capítulo A.2, el tipo de cada uno de los elementos no estructurales y el grado de desempeño mínimo que deben tener de acuerdo con los requisitos del capítulo A.9. El proyecto arquitectónico debe ir firmado por un arquitecto con matrícula profesional vigente. Cuando los planos arquitectónicos incluyan los diseños sísmicos de los elementos no estructurales, estos deben ir firmados, o rotulados, por un profesional facultado para este fin de acuerdo con la ley 400 de 1997. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

7.1.3 Diseño Estructural.

El diseño estructural debe ser realizado por un ingeniero civil facultado para este fin de acuerdo con la ley 400 de 199. La estructura de la edificación debe diseñarse para que tenga resistencia y rigidez adecuadas ante las cargas mínimas de diseño prescritas por el reglamento y debe, además verificarse que dispone de rigidez adecuada para limitar la deformabilidad ante las cargas de servicio, de tal manera que no se vea afectado el funcionamiento de la edificación. A continuación, se especifican las etapas que deben llevarse a cabo, dentro del alcance del reglamento NSR-10 en el diseño estructural para edificaciones nuevas diferente de cubierta aplicable a la estructuración del presente proyecto. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 1. Pre dimensionamiento y coordinación con los otros profesionales: Definición del sistema estructural, dimensiones tentativas para evaluar preliminarmente las diferentes solicitaciones tales como: la masa de la estructura, las cargas muertas, las cargas vivas, los efectos sísmicos y las fuerzas de viento, estas dimensiones preliminares se coordinan con los otros profesionales que participan en el diseño. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 2. Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de A_a y A_v . Este paso consiste en localizar el lugar donde se construirá la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica dados en el Capítulo A.2 del reglamento NSR-10 y en determinar el nivel de amenaza sísmica del lugar de acuerdo con los valores de los parámetros A_a y A_v obtenidos en los mapas de zonificación sísmica del capítulo A.2. El nivel de amenaza sísmica se clasificará como alta, intermedia o baja, en el apéndice A-4 se presenta una enumeración de los municipios colombianos, con su definición de la zona de amenaza sísmica, y los valores de los parámetros A_a y A_v , entre otros. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Ilustración 1. Valores aceleración pico efectiva y velocidad pico efectiva, según la región del país.

Valores de A_a y de A_v , según las regiones
De los mapas de las figuras A.2.3-2 Y A.2.3-3

Región N°	Valor de A_a o de A_v
10	0.50
9	0.45
8	0.40
7	0.35
6	0.30
5	0.25
4	0.20
3	0.15
2	0.10
1	0.05

Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Ilustración 2. Nivel de amenaza sísmica.

Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

- **Paso 3. Movimientos sísmicos de diseño:** Deben definirse uno movimientos sísmicos de diseño en el lugar de la edificación, de acuerdo con los requisitos del capítulo A.12 del reglamento, tomando en cuenta:
 - (a) La amenaza sísmica para el lugar, expresada a través de los parámetros A_a y A_v , o A_d , según sea el caso, los cuales representan la aceleración horizontal pico efectiva y la velocidad horizontal pico efectiva y la velocidad horizontal pico efectiva expresada en términos de aceleración del sismo de diseño.
 - (b) Las características de la estratificación del suelo subyacente en el lugar a través de unos coeficientes de sitio F_a y F_v *y.
 - (c) La importancia de la edificación para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo a través de un coeficiente de importancia I .

Las características de los movimientos sísmicos de diseño se expresan por medio de un espectro elástico de diseño. El reglamento contempla descripciones alternativas del sismo de diseño ya sea a través de familias de acelerogramas, o bien por medio de expresiones derivadas de

estudios de microzonificación sísmica, las cuales deben determinarse siguiendo los requisitos dados en el capítulo A.2. de NSR-10. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Ilustración 3. Espectro de aceleración 1.

Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Ilustración 4. Espectro de aceleración 2.

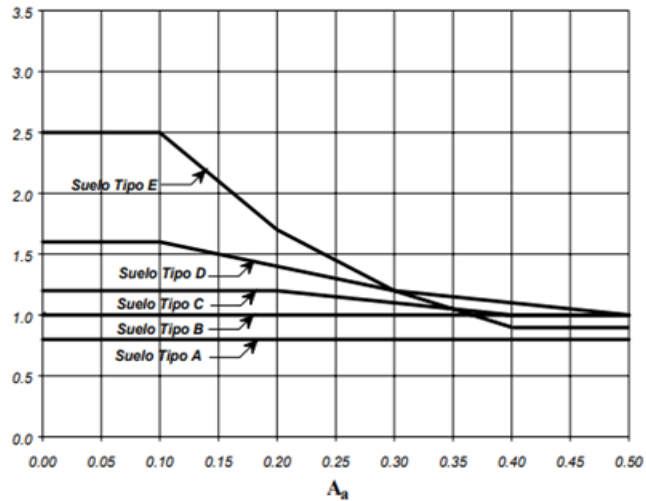
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

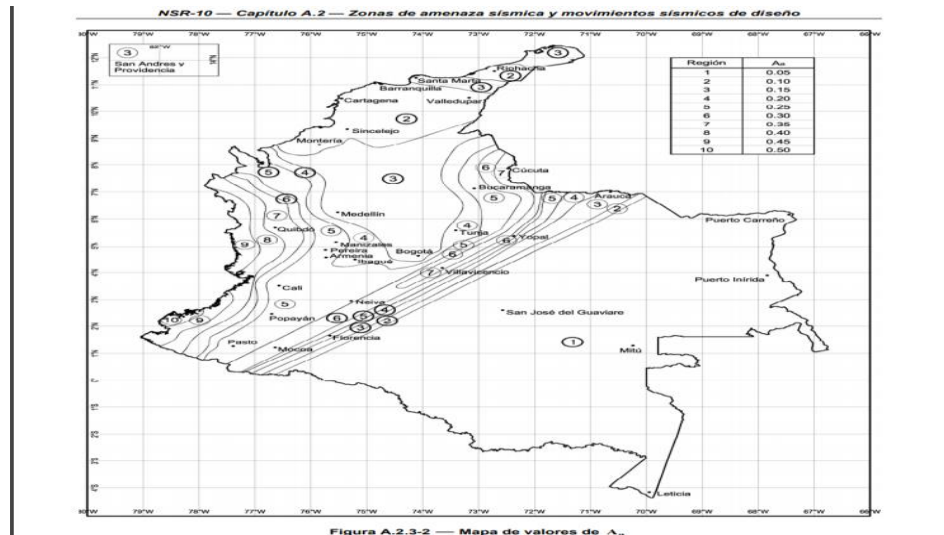
Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Figura 1. Perfil del suelo



Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

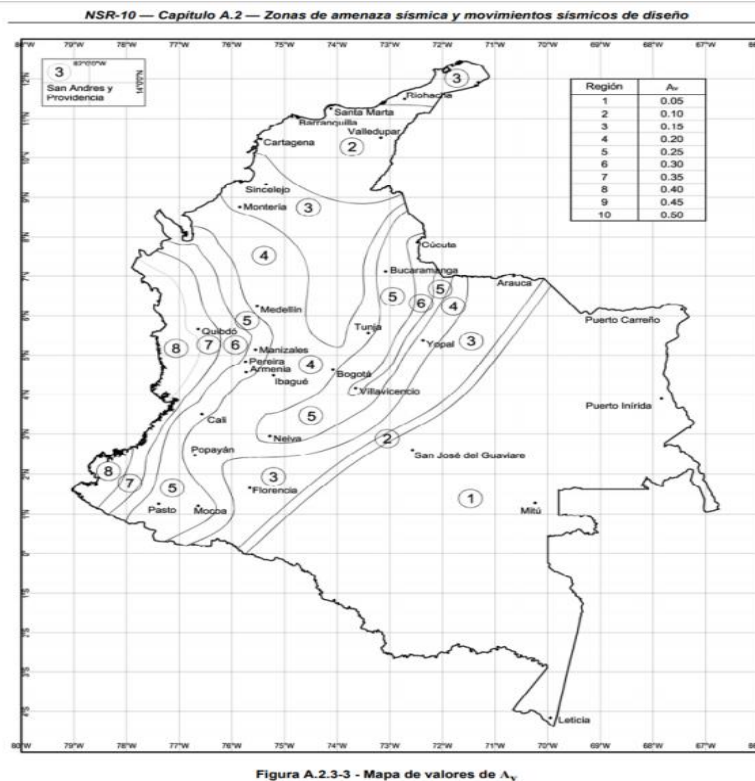
Figura 2. Zonas amenaza sísmica para aceleración pico efectiva.



Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Figura 3. Zonas amenaza sísmica para velocidad pico efectiva.

Figura 4. Zonas amenaza sísmica para velocidad pico efectiva.



Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Paso 4. Características de la estructuración y del material estructural empleado: El sistema estructural de resistencia de la edificación debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales prescritos en el Capítulo A.3: sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico o sistema dual. El reglamento define limitaciones en el empleo de los sistemas estructurales de resistencia sísmica en función de la zona de amenaza sísmica donde se encuentre localizada la edificación, del tipo de material estructural empleado (concreto estructural, estructura metálica, mampostería estructural o

madera), de la forma misma como se disponga el material en los elementos estructurales según este en posibilidad de responder adecuadamente ante movimientos sísmicos como los esperados por medio de su capacidad de disipación de energía, la cual puede ser especial (DES), moderada (DMO) o mínima (DMI); de la altura de la edificación y de su grado de irregularidad. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 5. Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis: Definición del procedimiento de análisis sísmico de la estructura de acuerdo con la regularidad o irregularidad de la configuración de la edificación, tanto en planta como en alzado, su grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, su altura, las características del suelo en el lugar, y el nivel de amenaza sísmica, siguiendo los preceptos dados en el Capítulo A.3 de este reglamento. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010,).

Paso 6. Determinación de las fuerzas sísmicas: Obtención de las fuerzas sísmicas F_s que deben aplicarse a la estructura para lo cual deben usarse los movimientos sísmicos de diseño definidos en el paso 4... (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 7. Análisis sísmico de la estructura: El análisis de la estructura se lleva a cabo aplicando los movimientos sísmicos de diseño prescritos, a un modelo matemático apropiado de la estructura, tal como se define en el capítulo A.3. este análisis se realiza para los movimientos sísmicos de diseño sin ser divididos por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R , y debe hacerse por el método que se haya definido en el

paso 6. Deben determinarse los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos de diseño a la estructura y las fuerzas internas que se derivan de ellos. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Figura 5. Espectro Elástico de aceleraciones

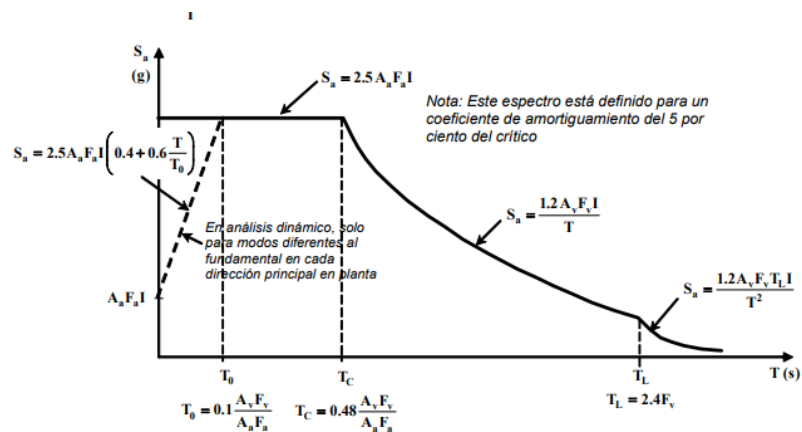


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y de Desarrollo Territorial. Decreto 926 del 19 marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistente NSR-10. En: Diario Oficial. 26, marzo, 2010 no. 47.663, p. 3-410.

Paso 8. Desplazamientos horizontales: “Evaluación de los desplazamientos horizontales incluyendo los efectos torsionales de toda la estructura y las derivas (desplazamiento relativo entre niveles contiguos), utilizando los procedimientos dados en el capítulo A.6 y con base en los desplazamientos obtenidos en el paso 8”... (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 9. Verificación de derivas: Comprobación de que las derivas obtenidas no excedan los límites dados en el capítulo A.6. Si la estructura excede los límites de deriva, calculada incluyendo los efectos torsionales

de toda la estructura es obligatorio rigidizarla, llevando a cabo nuevamente los pasos 8, 9 y 10, hasta cuando cumpla la comprobación de derivas. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

- **Paso 10. Combinación de las diferentes solicitaciones:** Las diferentes solicitaciones que deben ser tenidas en cuenta se combinan para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura, de acuerdo con los requisitos del capítulo B.2 del reglamento, por el método de diseño propio de cada material estructural, en cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplican por el coeficiente de carga prescrito para esa combinación en el capítulo B.2 del reglamento. En los efectos causados por el sismo de diseño se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño E , obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas F_s , determinadas en el paso 7, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía $R(E=F_s/R)$. El coeficiente de capacidad de disipación de energía R es función de:

- (a) El sistema de resistencia sísmica de acuerdo con la clasificación dada en el capítulo A.3.
- (b) Del grado de irregularidad de la edificación.
- (c) Del grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica y

De los requisitos de diseño y detallado de cada material, para el grado de capacidad de disipación de energía correspondiente (DMI, DMO, DES) tal como se especifica en el capítulo A.3. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Paso 11. Diseño de los elementos estructurales: Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema y del material estructural utilizado. Los elementos estructurales deben diseñarse y detallarse de acuerdo con los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía mínimo (DMI) moderado (DMO), o especial (DES) prescrito en el capítulo A.3, según les corresponda lo cual le permitirá a la estructura responder, ante la ocurrencia de un sismo, en el rango inelástico de respuesta y cumplir con los objetivos de las normas sismo resistentes, el diseño de los elementos estructurales debe realizarse para los valores más desfavorables obtenidos de las combinaciones dadas en el paso 11, tal como prescribe el título B del reglamento NSR-10, literal B.2.1.1. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

- **Diseño de la cimentación:** Los efectos de las diferentes solicitaciones, incluyendo los efectos de los movimientos sísmicos de diseño sobre los elementos de la cimentación y el suelo de soporte se obtienen así:
Para efectos del diseño estructural de los elementos que componen la cimentación, se emplean los resultados de las combinaciones realizadas en el paso 11, empleando cargas apropiadas y las fuerzas sísmicas reducidas de diseño **E**, a partir de las reacciones de la estructura sobre estos elementos, tomando en cuenta la capacidad de la estructura, en el diseño de los elementos de cimentación deben seguirse los requisitos propios del material estructural y del título H del reglamento NSR-10 literal H.8.0. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Para efectos de obtener los esfuerzos sobre el suelo de cimentación, a partir de las reacciones de la estructura y su cimentación sobre el suelo, se emplean las combinaciones de carga para el método de esfuerzos de

trabajo, empleando las cargas apropiadas y las fuerzas sísmicas reducidas de diseño **E**. “Los efectos de la estructura y del sismo sobre el suelo así obtenidos están definidos al nivel de esfuerzos de trabajo y deben evaluarse de acuerdo con los requisitos del título H del reglamento NSR-10” literal H.7.0. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

7.1.4 Diseño sísmico de los elementos no estructurales.

El diseño sísmico de los elementos no estructurales debe realizarse de acuerdo con los siguientes requisitos:

“Se deben cumplir el grado de desempeño superior, bueno o bajo que define el capítulo A.9 según el grupo de uso al cual pertenezca la edificación”. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Los diseños de los elementos no estructurales deben ser llevado a cabo por profesionales facultados para este fin de acuerdo con los artículos 26 y 29 de la ley 400 de 1997 y siguiendo los requisitos del capítulo A.9, considerando para el efecto los parámetros de diseño sísmico aportados por el diseñador estructural. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Dentro de la clasificación de elementos no estructurales se incluyen sistemas como las estanterías, cuyo tratamiento deberá ser como el de sistemas estructurales, los cuales pueden hacer parte de la estructura de la edificación o ser un sistema estructural independiente de la estructura de la edificación donde se alojan, el diseño de este tipo de sistemas debe ser llevado a cabo por ingenieros estructurales siguiendo “requisitos de diseño sismo resistente acordes con las condiciones de carga específicas de cada aplicación”, de acuerdo con el capítulo 9 de NSR-10.

(COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

- El constructor quien suscribe la licencia de construcción debe:

Recopilar los diseños de los diferentes elementos no estructurales y las características y documentación de aquellos que se acojan a lo permitido, para presentarlos en una sola memoria ante la curaduría u oficina o dependencia encargada de estudiar, tramitar y expedir las licencias de construcción. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Los diferentes diseños de los elementos no estructurales deben ser firmados por el constructor que suscribe la licencia, indicando así que se hace responsable que los elementos no estructurales se construyan de acuerdo con lo diseñado, cumpliendo con el grado de desempeño especificado. (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

7.1.5 Revisión de los diseños

Los planos, memorias y estudios realizados deben ser revisados para efectos de la obtención de la licencia de construcción tal como lo indica la ley 400 de 1997, la ley 388 de 1997 y sus respectivos reglamentos. Esta revisión debe ser realizada en la curaduría o en la oficina o dependencias encargadas de estudiar, tramitar y expedir las licencias de construcción, o bien por un profesional independiente, a costo de quien solicita la licencia. Los revisores de los diseños deben tener las cualidades establecidas en la ley 400 de 1997. (RESISTENTES). (COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

8. ENFASIS DE LA PRACTICA PROFESIONAL

Conforme a la estructuración del proyecto el cual está enfocado como tal al cálculo de una estructura de tipo público, y de acuerdo con el uso de diferentes metodologías y software existente en la actualidad que apoyan dichos cálculos, es importante resaltar que se hizo uso y se afianzo el conocimiento en diferentes áreas aparte de la ingeniería.

Como primer parámetro se hizo uso del software AutoCAD el cual a través de la práctica brindo el apoyo en la comprensión de diseños y planos que permitieron encontrar falencias en los planteamientos iniciales del proyecto y permitió realizar correcciones sobre los mismos, a través de dicho software también se logró realizar los ajustes necesarios para lograr el cumplimiento de los para metros normativos plasmados en la norma NSR-10 ya que por conocimientos adquiridos con anterioridad es una herramienta que básicamente apoya el diseño de planos comprensibles y lógicos para quienes probablemente puedan llegar a ejecutar el proyecto, como segundo parámetro se hizo uso del software SAP2000 con el cual se realizó un sondeo y una corrección de los metros inicialmente propuestos para el proyecto como tal, parámetros como los son derivas, cargas, momentos, diagramas de momentos dicho programa en conjunto con los cálculos realizados nos permitió llegar a diferentes conclusiones que permitieron realizar las respectivas correcciones a los diseños iniciales ya que es de gran importancia permitir la interacción en conjunto de los software existentes los cuales permiten corroborar los cálculos que se está realizando, de igual forma dicho software también apoya de cierta manera el cálculo inicial a través de un modelo en 3D que va mostrando los posibles errores en los que se está incurriendo durante el proceso de crecimiento del proyecto como tal, es importante resaltar que el apoyo de dicho software no solo beneficia al usuario inicial del programa si no que beneficia a una mayor población al permitir entregarles estructuras más seguras que sean resistentes y que generen una percepción de confiabilidad de dichas estructuras, así mismo se hizo uso del

software Excel el cual brindo un apoyo directo en los cálculos debido a que haciendo uso de múltiples hojas de cálculos realizadas en el transcurso del proyecto permitido dar unos resultados más óptimos y precisos debido a que el uso de estas hojas de cálculo se contemplan todos los valores decimales lo cual hace que exista mayor precisión sobre lo que para este caso sería el cálculo directo de las vigas, viguetas, placas de entrepiso, columnas y cuantías, pero de igual forma cabe argumentar que no todo se remitió al uso de los múltiples software disponibles sino que también se hizo uso de la norma NSR-10 de la cual se extrajo todo el paso a paso para poder realizar los diseños estructurales, es muy importante saber que la aplicación directa de esta norma permite un desarrollo fundamental en el proceso de los diferentes métodos que existen para calcular una estructura y que por ser la normativa fundamental en Colombia, la cual debe ser pilar base para el desarrollo de toda estructura y que asegura a través del seguimiento de esta que se están realizando bien las cosas de acuerdo con los pasos que se plantean en ella.

9. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tabla 1. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE TRABAJO PRACTICA EMPRESARIAL			
SEMANA	FECHA	TEMATICA DE TRABAJO	AVANCE
1	30/07/2018	Pre dimensionamiento estructural	Preparación y evaluación de cargas de la estructura y cálculo de fuerzas sísmicas de la edificación
2	06/08/2018	Evaluación y estimación de las cargas estructurales	Estudio y preparación y aplicación al proyecto, requisitos sísmicos encontrados en Título A de NSR-10.
3	13/08/2018	Análisis estructural y cumplimiento de requisitos sísmicos según norma colombiana.	Preparación y refinación de la modelación estructural utilizando programas de uso comercial del área de estructuras, presentación al asesor de modelo estructural en software SAP2000.
4	20/08/2018	Modelación estructural-Modelos de análisis y modelos de diseño estructural	Realización de diseño típico de los elementos principales estructurales, tales como vigas y columnas, diseño del sistema de entrepiso de la edificación, (diseño de viguetas).
5	27/08/2018	Diseño estructural de los elementos del sistema de resistencia sísmico- vigas y columnas	Realización del diseño típico de los elementos principales de la estructura de cubierta y análisis de elementos secundarios de la estructura, como escaleras y generar

			complemento de diseño de entrepisos.
6	03/09/2018	Diseño estructural de elementos sometidos a cargas de viento	Estudio y análisis de cargas de viento presentadas en estructura por medio de uso de software SAP2000.
7	10/09/2018	Diseño estructural de cimentación	Realización de propuesta de cimentación a partir de estudio de suelos conforme acuerdo a estructura cercana al punto de la ciudad en el cual se va a ubicar el proyecto
8	17/09/2018	Diseño estructural de cubiertas	Entrega a asesor de memorias de cálculo con base en los cálculos realizados en el análisis sísmico y la modelación estructural, inclusive verificación de derivas de piso.
9	24/09/2018	Revisión y corrección de memorias de cálculo conforme a análisis estructural	Entrega a asesor de documento complementario de soporte de diseño de los elementos estructurales donde se incluye la propuesta de cimentación y cubierta.
10	01/10/2018	Revisión y corrección de memorias de cálculo conforme a análisis estructural	Entrega a asesor de planos de diseño estructural y especificaciones de proyecto, donde se incluye propuesta de

			posibles materiales y parámetros de la estructura.
11	08/10/2018	Elaboración, revisión de documentos y corrección de observaciones presentadas por docente asesor de planos estructurales y especificaciones del proyecto	Realización de corrección de planos y corrección de la aplicación de requisitos complementarios de diseño sísmico establecidos en el capítulo C21 de NSR-10.
12	15/10/2018	Verificación de requisitos normativos de diseño sísmico	Planos finales del proyecto incluyendo las respectivas modificaciones y observaciones realizadas y aplicando los requisitos de diseño sísmico a nivel de cubierta, estructura y cimentación.
13	22/10/2018	Elaboración y revisión de documentos, planos estructurales y especificaciones del proyecto	Propuesta de cartilla de hierros de la estructura.
14	29/10/2018	Cartillas de hierros y volúmenes de concreto	Alistamiento de entrega final del documento e informe que soporta la evolución del proyecto, conforme con los compromisos asumidos en la práctica empresarial.
15	30/10/2018	Entrega final de documentos e informes de seguimiento y conclusiones de la práctica empresarial	Actualización conforme a últimas observaciones y sugerencias presentadas en el proyecto.

15	31/10/2018	Entrega definitiva de documentos de práctica empresarial	Entrega final de documentación correspondiente a práctica empresarial para revisión por parte de docente evaluador.
17	10/11/2018	Recepción y corrección de observaciones propuestas por docente evaluador presentadas en rubrica.	Corrección y actualización de observaciones presentadas por parte de docente evaluador en rubrica enviada.
18	20/11/2018	Entrega definitiva de documentos corregidos y actualizados de acuerdo a observaciones presentadas.	

10. BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Decreto No. 926 [internet]. 19/04/2010. p. 3-410. [citado 22/03/2018]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_0926_2010.pdf
2. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Reglamento colombiano de construcción resistente. NSR-10. [internet]. p. 186. [citado 22/03/2018]. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>
3. Garcia, j, castellanos n, moreno, v. Proyecto de diseño estructural para la contruccion de un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en el sector de la comuna 4 de Soacha. [internet]. [citado 01/04/2018]. Disponible en: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2952/4/1.%20TRABAJO%20Proyecto%20>
4. Decreto No. 523 [internet]. 16/12/2010. p. 21. [citado 15/04/2018]. Disponible en: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/DECRETO-523-DE-2010-MICROZONIFICACION-BOGOTA.pdf>
5. Luis Bozzo, Alex H, Barbat. Diseños sismorresistente de edificios. [internet]. 2004. p. 321. [citado 22/04/2018]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TKwTAKb4e00C&oi=fnd&pg=PA3&dq=dise%C3%B1o+estructural+de+un+edificio&ots=nhYFGSKpuQ&sig=PB5lwcmBaefBeS1PRR8cKSM5WxQ#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20estructural%20de%20un%20edificio&f=false>
6. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. [internet]. [citado 28/03/2018]. Disponible en: <http://www.asosismica.org.co/>
7. Julián C, Universidad Nacional de Colombia. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. [internet]. 26/12/2007 **Revista DYNA**, Volumen 75, Número 155, p. 91-102. . [citado 9/04/2018]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/1743/11583>
8. Elizabeth, N., & Ramirez, L. (2013). Comparación Sismo Resistente Y Económica Entre Una Estructura Convencional Y Una No Convencional En Un

Mismo Edificio Irregular [internet]. p. 199. [citado 12/03/2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/11128>

9. Winter, G., & Nilson, A. H. Design of Concrete Structures. (Mc Grow Hill book company, Ed.) (Edition 1). 1886. [citado 12/03/2018].
10. Ministerio de protección social. TALLER LATINOAMERICANO DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD. [internet]. p. 14. 23/04/2004. [citado 18/06/2018].
11. Reglamento colombiano de construcción sísmo resistente NSR-10

11.ANEXOS

- Memoria de cálculos